

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 11-025402

(43)Date of publication of application : 29.01.1999

(51)Int.Cl.

G11B 5/02

(21)Application number : 09-174191

(71)Applicant : TOSHIBA CORP

(22)Date of filing : 30.06.1997

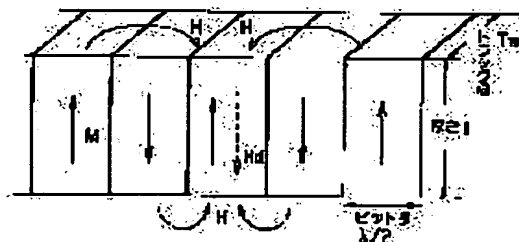
(72)Inventor : TAKEO AKIHIKO
TANAKA TSUTOMU

(54) MAGNETIC RECORDING AND REPRODUCING DEVICE

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To prevent the reduction in the reproduced output caused by servo signal thermal mitigation and to obtain the tracking servo, which stably operates for a long time by setting the length of the servo signal recording bits so that the maximum reducing magnetic flux at the magnetic saturation in the recording bit of the servo signal in a recording layer is made smaller than the coercive force of the recording layer.

SOLUTION: In the recording bits of the tracking servo signals, a reducing magnetic flux H_d is generated against the magnetic characteristic of a recording layer itself. If a magnetization M value is saturated with the flux H_d , practically no secular change of the magnetization M occurs. Conversely, the secular change of the magnetization M becomes large in the region where dM/dH in the magnetization curve is large. Thus, dM/dH is set to zero so that the magnetization M in a bit is saturated while the flux H_d is added in a recording bit, the secular change of the reproduced output caused by thermal mitigation is reduced. Moreover, if a maximum reducing magnetic flux H_{dmax} is set smaller than coercive force H_c while the magnetization is saturated in the bit, a magnetization M saturation condition is maintained and the flux H_{dmax} , becomes smaller by a recording bit length $\lambda/2$ becomes small.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

03.04.2001

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

3281292

[Date of registration]

22.02.2002

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平11-25402

(43) 公開日 平成11年(1999) 1月29日

(51) Int.Cl.⁹

識別記号

F I

G 1 1 B 5/02

G 1 1 B 5/02

B

審査請求 未請求 請求項の数11 O L (全 11 頁)

(21) 出願番号 特願平9-174191

(22) 出願日 平成9年(1997) 6月30日

(71) 出願人 000003078

株式会社東芝

神奈川県川崎市幸区堀川町72番地

(72) 発明者 竹尾 昭彦

神奈川県川崎市幸区小向東芝町1番地 株式会社東芝研究開発センター内

(72) 発明者 田中 勉

神奈川県川崎市幸区小向東芝町1番地 株式会社東芝研究開発センター内

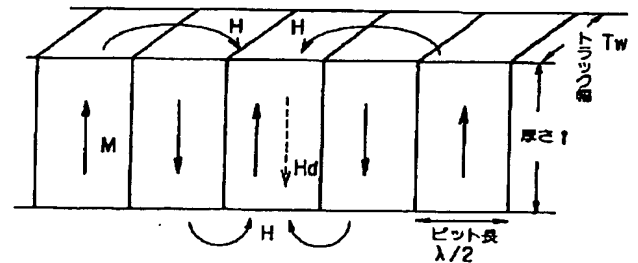
(74) 代理人 弁理士 鈴江 武彦 (外6名)

(54) 【発明の名称】 磁気記録再生装置

(57) 【要約】

【課題】 垂直磁気記録においてトラッキング用サーボ信号の熱緩和による再生出力の経時変化を小さくした磁気記録再生装置を提供する。

【解決手段】 トラッキング用サーボ信号が記録された記録層を有する垂直磁気記録媒体と、この垂直磁気記録媒体に対して情報の記録および再生を行うための少なくとも一つの磁気ヘッドとを有する磁気記録再生装置において、記録層のサーボ信号が記録された記録ビット内の磁化飽和時の最大減磁界 H_{dmax} が記録層の保磁力 H_c より小さくなるようにサーボ信号の記録ビット長 $\lambda/2$ (記録波長 λ) を設定する。



1

【特許請求の範囲】

【請求項1】トラッキング用サーボ信号が記録された記録層を有する垂直磁気記録媒体と、この垂直磁気記録媒体に対して情報の記録および再生を行うための少なくとも一つの磁気ヘッドとを有する磁気記録再生装置において、

前記記録層の前記サーボ信号が記録された記録ビット内の磁化飽和時の最大減磁界が該記録層の保磁力より小さくなるように前記サーボ信号の記録ビット長を設定したことを特徴とする磁気記録再生装置。

$$\frac{\lambda}{2} < \frac{t \beta \sqrt{Tw^2 + t^2}}{\sqrt{Tw^2 - t^2} \beta^2} \left(\beta = \tan \left(\frac{Hc}{8Ms} \right) \right) \quad (1)$$

の関係を満たすことを特徴とする磁気記録再生装置。

【請求項3】トラッキング用サーボ信号が記録された記録層を有する垂直磁気記録媒体と、この垂直磁気記録媒体に対して情報の記録および再生を行うための少なくとも一つの磁気ヘッドとを有する磁気記録再生装置において、

$$\frac{\lambda t}{Tw} < 4, \quad \lambda < - \frac{\pi t}{\log(Hc/4\pi Ms)} \quad (2)$$

の関係を満たすことを特徴とする磁気記録再生装置。

【請求項4】トラッキング用サーボ信号が記録された記録層を有する垂直磁気記録媒体と、この垂直磁気記録媒体に対して情報の記録および再生を行うための少なくとも一つの磁気ヘッドとを有する磁気記録再生装置において、

$$Hc > 4Ms \sum_{k=-\infty}^{\infty} [\arctan \{X(4k-1)\} - 2\arctan \{X(4k+1)\} + \arctan \{X(4k+3)\}]$$

$$\left(X(k) = \frac{k(\lambda/2)Tw}{t \sqrt{k^2(\lambda/2)^2 + Tw^2 + t^2}} \right) \quad (3)$$

の関係を満たすことを特徴とする磁気記録再生装置。

【請求項5】前記記録層の膜面に垂直な方向の磁気特性 ☆ 【数4】

$$H1 = 4\pi Ms - 8\arctan \left(\frac{(\lambda/2)Tw}{t \sqrt{t^2 + (\lambda/2)^2 + Tw^2}} \right) Ms \quad (4)$$

で表される磁界H1を飽和磁化と同方向に加えたときの磁化M1が飽和磁化Msに対し±5%の誤差範囲内にある関係を満たすことを特徴とする請求項2記載の磁気記録再生装置。

$$H1 = 4\pi Ms \left\{ 1 - \exp \left(- \frac{\pi t}{\lambda} \right) \right\} \quad (5)$$

で表される磁界H1を飽和磁化Msと同方向に加えたときの磁化M1が飽和磁化Msに対し±5%の誤差範囲内にある関係を満たすことを特徴とする請求項4記載の磁

2

★【請求項2】トラッキング用サーボ信号が記録された記録層を有する垂直磁気記録媒体と、この垂直磁気記録媒体に対して情報の記録および再生を行うための少なくとも一つの磁気ヘッドとを有する磁気記録再生装置において、

前記記録層の膜厚をt、保磁力をHc、飽和磁化をMsとし、前記サーボ信号の記録トラック幅をTw、記録ビット長をλ/2としたとき、

【数1】

★10

※前記記録層の膜厚をt、保磁力をHc、飽和磁化をMsとし、前記サーボ信号の記録トラック幅をTwとし、前記サーボ信号が基本記録波長λの連続信号を主体として構成されるとき、

【数2】

※20

★前記記録層の膜厚をt、保磁力をHc、飽和磁化をMsとし、前記サーボ信号の記録トラック幅をTwとし、前記サーボ信号が基本記録波長λの連続信号を主体として構成されるとき、

【数3】

★

☆は、該記録層の磁化を垂直方向に飽和させた後、

【数4】

◆【請求項6】前記記録層の膜面に垂直な方向の磁気特性は、該記録層の磁化を垂直方向に飽和させた後、

【数5】

気記録再生装置。

【請求項7】前記記録層の膜面に垂直な方向の磁気特性は、該記録層の磁化を垂直方向に飽和させた後、

50

【数6】

$$H1 = 4mz \sum_{k=-\infty}^{\infty} [\arctan \{X(4k-1)\} - 2\arctan \{X(4k+1)\} + \arctan \{X(4k+3)\}]$$

$$\left(X(\alpha) = \frac{k(\lambda/2)Tw}{t\sqrt{k^2(\lambda/2)^2 + Tw^2 + t^2}} \right) \quad (6)$$

で表される磁界H1を飽和磁化Msと同方向に加えたときの磁化M1が飽和磁化Msに対し±5%の誤差範囲内にある関係を満たすことを特徴とする請求項3記載の磁気記録再生装置。

【請求項8】前記垂直磁気記録媒体は、前記記録層の膜面に垂直な方向の磁気特性を測定した場合の角形比が1であり、前記トラッキングサーボ信号は前記記録層に磁気的に記録されていることを特徴とする請求項1～7のいずれか1項記載の磁気記録再生装置。

【請求項9】前記垂直磁気記録媒体は、軟磁性下地層とその上に形成された記録層からなることを特徴とする請求項1～8のいずれか1項記載の磁気記録再生装置。

【請求項10】前記トラッキングサーボ信号は単磁極型ヘッドにより記録されていることを特徴とする請求項1～9のいずれか1項記載の磁気記録再生装置。

【請求項11】前記トラッキングサーボ信号はリング型ヘッドにより記録されていることを特徴とする請求項1～9のいずれか1項記載の磁気記録再生装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、ハードディスク装置などの磁気記録再生装置に係り、特に垂直磁気記録媒体を用いた高密度磁気記録再生装置に関する。

【0002】

【従来の技術】近年、情報化社会の急速な進展により、扱う情報量は急激に増加している。これに伴い、磁気記録再生装置をはじめとする情報記録機器に対する高密度化、大容量化の要求は、止まることを知らない。磁気記録再生装置の中でも、主にコンピュータに用いられる磁気ディスク装置、特にハードディスク装置は年率30～60%の割合で容量増加が図られている。

【0003】磁気ディスク装置などの磁気記録再生装置において、記録密度を高くしてゆくと、記録ビット当たりの媒体面積が小さくなるためS/Nが低下し、エラーの少ない良好な再生が難しくなる。この問題を解決するために、記録用ヘッドとは別に再生用ヘッドとして磁気抵抗効果を利用したMRヘッドを用いる方法が知られている。MRヘッドを再生ヘッドに用いる場合、磁気記録媒体においては、線記録密度を高めるために、磁化反転の幅を小さくすると同時に、媒体ノイズを低下させることが重要となる。より小さな記録ビットに対して媒体ノイズを低減し、S/Nを高めるためには、媒体上の最小磁化反転単位を小さくして、記録ビット内に含まれ

る磁化反転単位数を増やすことが効果的である。

【0004】一方、線記録密度を高める方法として、1975年に垂直磁気記録方式が提案された。垂直磁気記録方式は、周知のように記録層が垂直方向、つまり膜面に垂直の方向に磁化容易軸を有する垂直磁気記録媒体、いわゆる垂直配向媒体を用いて、記録層を垂直方向に磁化を形成して記録を行う方式である。この垂直磁気記録方式では、従来の面内に異方性を持つ磁気記録媒体を用いて長手方向に磁化を形成して記録を行う長手磁気記録方式に比べて、磁化転移部分での減磁界を非常に小さくでき、磁化転移幅を狭くできるため、より高密度記録が可能となる。

【0005】ところで、一般に高密度記録用の磁気記録再生装置、特にハードディスク装置では、記録／再生のための磁気ヘッドを目標トラック上に正しく位置決めし、かつ磁気ヘッドが目標トラックを正しく追従するようにするために、媒体上に予めトラッキング用サーボ信号を磁気的に記録しておく方法が用いられる。このようなサーボ信号を用いたサーボ方式は種々あるが、ディスク上のトラックを分割したセクタ毎にサーボ信号を予め記録しておき、これを磁気ヘッドにより読み出してヘッドとトラック間の相対位置情報を得るセクタサーボ方式が多く用いられている。

【0006】セクタサーボ方式に限らないが、サーボ処理回路を単純化して処理を簡単にするためと、安定したサーボ信号再生出力が得られるようにするため、トラッキング用サーボ信号は通常、記録／再生されるべき本来の情報であるデータ信号に比べ低い周波数が用いられる。これに伴い、ディスク上のサーボ信号の記録ビットは低密度記録になるため、長手磁気記録においては磁気的に安定となる。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】高密度記録用の磁気記録媒体では、高いS/Nを維持しつつ微小な記録ビットを形成するために、一般的に磁性粒子のサイズが微細化されるが、磁性粒子サイズが小さくなりすぎると熱緩和現象が生じ、磁性粒子の自発磁化が一定方向を維持できなくなる。この結果、記録当初は十分な再生出力が得られるような磁化パターンが磁気記録媒体上に形成されていても、時間の経過に伴い熱緩和により再生出力が減衰してしまうことが懸念される。一般に、磁気記録媒体の異方性定数をKu、磁化最小単位体積をvとしたとき、Ku・v/kT<100になると熱緩和の影響が現れて

くるといわれている。kはボルツマン定数、Tは絶対温度である。

【0008】通常の長手磁気記録方式では、磁気記録媒体の記録密度の高い領域において記録ビット内での減磁界が強いために、磁性粒子径が比較的大きいうちから、この熱緩和の影響を受けやすいという報告がある。

【0009】これに対し、垂直磁気記録方式では磁性粒子を膜厚方向に成長させることで、媒体表面での粒径は長手記録方式の場合と等しくとも、磁性粒子の体積を大きくすることが可能であり、また高密度記録領域においても静磁的に安定であるため、長手磁気記録方式に比べ同じ表面粒径でも熱緩和の影響を受けにくい記録方式として注目されている。

【0010】しかし、垂直磁気記録においても、十分な記録磁界を確保するためには膜厚にある程度の制限が要求され、また低密度記録領域が存在する場合には、逆に長手記録以上に大きな減磁界が記録ビット内に生じてしまい、熱緩和の影響を受けやすくなる。例えば、前述したようにトラッキング用サーボ信号は通常、データ信号に比べ低い周波数が用いられることから低密度記録になるため、垂直磁気記録においては熱緩和の影響を受けやすく、サーボ信号の再生出力が時間経過と共に減少し、トラッキングサーボの信頼性が低下する。

【0011】このような熱緩和現象の生じる磁気記録媒体を産業上活用するための記録方式として、例えば一定時間毎に再記録を行う方式が提案されているが、トラッキング用サーボ信号については再記録が困難であり、熱緩和の影響の問題を避けることはできない。

【0012】上述したように、垂直磁気記録は長手磁気記録に比べ記録分解能が高く、高い記録密度まで大きな出力が得られるという長所を持つ反面、特に媒体上に記録されるトラッキング用サーボ信号が熱緩和の影響を受けてその再生出力が時間経過と共に減少してしまうとい*

*う問題点があった。

【0013】本発明は、このような問題点を解消するためになされたもので、垂直磁気記録においてトラッキング用サーボ信号の熱緩和による再生出力の低下を抑制し、長期にわたり安定したトラッキングサーボを可能とする磁気記録再生装置を提供することを目的とする。

【0014】

【課題を解決するための手段】上記の課題を解決するため、本発明は垂直磁気記録媒体を用いた磁気記録再生装置において、従来の技術とは逆にトラッキング用サーボ信号の記録波長、つまり記録ビット長を短くして、サーボ信号の経時的安定性を確保するようにしたことを基本とする。

【0015】すなわち、本発明はトラッキング用サーボ信号が記録された記録層を有する垂直磁気記録媒体と、この垂直磁気記録媒体に対して情報の記録および再生を行うための少なくとも一つの磁気ヘッドとを有する磁気記録再生装置において、記録層のサーボ信号が記録された記録ビット内の磁化飽和時の最大減磁界 (H_{dmax}) が記録層の保磁力 (H_c) より小さくなるようにサーボ信号の記録ビット長 ($\lambda/2$) を設定したことを特徴とする。

【0016】また、本発明はより具体的には垂直磁気記録媒体の静磁気特性とトラッキング用サーボ信号の記録トラック幅および記録波長 (記録ビット長) の関係の規定することによって、上記 $H_{dmax} < H_c$ の関係を得るようにしたものであり、垂直磁気記録媒体における記録層の膜厚を t 、保磁力を H_c 、飽和磁化 (飽和残留磁化) を M_s とし、サーボ信号の記録トラック幅を T_w とし、サーボ信号の記録ビット長を $\lambda/2$ としたとき、次式の関係を満たすことを特徴とする。

【0017】

【数7】

$$\frac{\lambda}{2} < \frac{t \beta \sqrt{T_w^2 + t^2}}{\sqrt{T_w^2 - t^2 \beta^2}} \left(\beta = \tan \left(\frac{H_c}{8 M_s} \right) \right) \quad (7)$$

さらに、トラッキング用サーボ信号が基本記録波長 λ の連続信号を主体として構成されるとき、

※【0018】

※【数8】

$$\frac{\lambda t}{T_w} < 4, \quad \lambda < - \frac{\pi t}{\log (H_c / 4 \pi M_s)} \quad (8)$$

または、

★【数9】

★

【0019】

$$H_c > 4 M_s \sum_{k=-\infty}^{\infty} [\arctan \{X(4k-1)\} - 2 \arctan \{X(4k+1)\} + \arctan \{X(4k+3)\}]$$

$$\left(X(k) = \frac{k(\lambda/2) T_w}{t \sqrt{k^2 (\lambda/2)^2 + T_w^2 + t^2}} \right) \quad (9)$$

7

の関係を満たすことを特徴とする。式(8)はサーボ信号を正弦波で近似した場合であり、式(9)はサーボ信号を矩形波で近似した場合である。

【0020】さらに好ましくは、記録層の膜面に垂直な方向の磁気特性は、該記録層の磁化を垂直方向に飽和さ

$$H_1 = 4\pi M_s - 8 \arctan \left(\frac{(\lambda/2) T_w}{t \sqrt{t^2 + (\lambda/2)^2 + T_w^2}} \right) M_s \quad (10)$$

【0022】特に、サーボ信号が基本記録波長 λ の連続信号である場合、記録層の膜面に垂直な方向の磁気特性は、該記録層の磁化を垂直方向に飽和させた後、次式で表される磁界 H_1 を飽和磁化と同方向に加えたときの磁

$$H_1 = 4\pi M_s \left\{ 1 - \exp \left(- \frac{\pi t}{\lambda} \right) \right\} \quad (11)$$

【0024】また、特にトラック幅 T_w が記録波長 λ に近い場合には、記録層の磁化を垂直方向に飽和させた後、次式で表される磁界 H_1 を飽和磁化 M_s と同方向に加えたときの磁化 M_1 が飽和磁化 M_s に対し $\pm 5\%$ の誤

$$H_1 = 4\pi M_s \sum_{k=-\infty}^{\infty} \left[\arctan \{X(4k-1)\} - 2 \arctan \{X(4k+1)\} + \arctan \{X(4k+3)\} \right]$$

$$X(k) = \frac{k(\lambda/2) T_w}{t \sqrt{k^2 (\lambda/2)^2 + T_w^2 + t^2}} \quad (12)$$

【0026】さらに、本発明における垂直磁気記録媒体は、記録層の膜面に垂直な方向の磁気特性を測定した場合の角形比が1であり、トラッキングサーボ信号が磁的に記録されていることが望ましい。

【0027】本発明における垂直磁気記録媒体は、軟磁性下地層とその上に形成された記録層からなる二層媒体であることが望ましい。また、トラッキングサーボ信号は単磁極型ヘッドあるいはリング型ヘッドにより記録される。

【0028】このように構成された本発明の磁気記録再

$$H_d = \int_{-T_w/2}^{T_w/2} \int_{-1/4}^{1/4} \frac{(t/2) m_z}{\{x^2 + y^2 + (t/2)^2\}^{3/2}} dx dy$$

$$= -8 \arctan \left(\frac{(\lambda/2) T_w}{t \sqrt{t^2 + (\lambda/2)^2 + T_w^2}} \right) m_z \quad (13)$$

【0031】この減磁界 H_d は、垂直方向に磁化が飽和しているとき($m_z = M_s$ のとき)最大値 H_{dmax} をとる。一方、磁気記録媒体の典型的な静磁気特性として、図2にMHループ(磁化曲線)の例を示す。記録層の最小磁化反転単位が小さくなってくると、熱緩和現象により保磁力 H_c 近傍の磁化が減少し、時間をおいて測定した場合、 H_c が減少してしまう。図2で実線が初期のMHループ、破線がある時間経過後のMHループである。

【0032】発明者らは、この熱緩和による静磁気特性

8

*せた後、次式で表される磁界 H_1 を飽和磁化と同方向に加えたときの磁化 M_1 が飽和磁化 M_s に対し $\pm 5\%$ の誤差範囲内にある関係を満たすことを特徴とする。

【0021】

【数10】

*化 M_1 が飽和磁化 M_s に対し $\pm 5\%$ の誤差範囲内にある関係を満たすことを特徴とする。

【0023】

【数11】

*差範囲内にある関係を満たすことを特徴とする。

【0025】

【数12】

☆生装置によると、以下に説明するような原理で垂直磁気記録媒体に記録されたトラッキング用サーボ信号の熱緩和による経時変化が抑制される。

【0029】図1に、垂直磁気記録における記録ビット内の減磁界の様子を示す。トラック幅を T_w 、記録ビット長を $\lambda/2$ 、記録層の膜厚を t 、記録層の垂直方向の磁化 M_z の大きさを m_z とすると、減磁界 H_d の大きさは次式で表される。

【0030】

【数13】

の経時変化を詳細に調査した結果、短時間で測定したMHループに対して、 dM/dH の大きい領域、つまりMHループの曲線が急傾斜の領域においては、時間が経過した後の磁化 M の変化が激しく、磁化 M の飽和している領域($dM/dH = 0$ の領域)では磁化 M の経時変化は最も小さいことを見出した。

【0033】従って、トラッキング用サーボ信号が記録されている記録ビットにおいても、磁化 M が飽和あるいはそれに近い状態にあれば、磁化 M の経時変化は小さ

く、サーボ信号の経時的安定性が確保されることになる。ここで、垂直磁気記録媒体では後述するように記録ビット内の磁化飽和時の最大減磁界 $H_{d\max}$ が保磁力 H_c より小さければ、磁化 M の飽和状態が維持される。このビット内の磁化飽和時の最大減磁界 $H_{d\max}$ は、記録ビット長 $(\lambda/2)$ が小さいほど小さくなる。すなわち、本発明に従い $H_{d\max} < H_c$ となるように記録ビット長 $\lambda/2$ を設定することによって、サーボ信号の経時変化を小さくすることができ、本発明の初期の目的が達成されることになる。

【0034】図3(a)に、垂直磁気記録媒体のMHループの典型的な例を示す。記録層の膜面に垂直な方向（膜の法線方向）の磁気特性を測定する場合、測定中、膜内に形状減磁界が生じるため、同図のように記録層材料本来の磁気特性に対し、全体的に $H = 4\pi M$ の直線で傾いたMHループが得られることが知られている。このため、 $H_c/4\pi M_s$ が小さな媒体ではループの角形比が低く、印加磁界 H に対して広い領域で熱緩和による磁化 M の経時変化が顕著に見られる。このような薄膜で測定された磁気特性に対し、形状減磁界のない状態での記録層材料本来の磁気特性は $H = 4\pi M$ の直線で補正する必要がある。このとき、MHループは図3(b)に示す*

$$Hd' = -4\pi \exp\left(-\frac{\pi t}{\lambda}\right) m z \quad (14)$$

【0038】ここでは、トラック幅 T_w を無限長としたが、 T_w が有限の場合においても、膜厚 t に対して T_w が十分に大きければ、式(14)の Hd' の誤差は小さく、計算機解析の結果では、 $\lambda \cdot t / T_w < 4$ では式(12)の Hd' の実際の減磁界 Hd に対する誤差は数%

【0039】さらに、今後の高密度化の傾向に対応して、膜厚 t に対して大幅な狭トラック化が図られた場合※

$$Hd' = -4mz \sum_{k=-\infty}^{\infty} [\arctan\{X(4k-1)\} - 2\arctan\{X(4k+1)\} + \arctan\{X(4k+3)\}]$$

$$X(k) = \frac{k(\lambda/2)T_w}{t\sqrt{k^2(\lambda/2)^2 + T_w^2 + t^2}} \quad (15)$$

【0041】以上から、記録層の膜面に垂直な方向の磁気特性に関して、記録層の磁化を垂直方向に飽和させた後、式(10)で表される磁界 H_1 を飽和磁化 M_s と同方向に加えたときの磁化 M_1 が飽和磁化 M_s と等しく、この状態での dM/dH が0であるとき、記録磁化パターンは最も熱緩和現象の影響を受けにくい。

【0042】また、記録磁化パターンが記録波長 λ の連続信号である場合、記録層の磁化を垂直方向に飽和させた後、式(11)で表される磁界 H_1 を飽和磁化 M_s と同方向に加えたときの磁化 M_1 が飽和磁化 M_s と等しく、この状態での dM/dH が0であるとき、記録磁化

*ようになる。

【0035】この記録層本来の磁気特性に対し、トラッキング用サーボ信号などの信号が記録された記録ビット内では、式(13)で示されるような減磁界 Hd が生じる。このビット内減磁界 Hd が加わった状態での磁化 M の値が飽和していると、磁化 M の経時変化はほとんどなく、逆に dM/dH の大きい領域内では磁化 M の経時変化が大きい。従って、記録ビット内で減磁界 Hd が加わった状態でもビット内磁化 M が飽和するように、つまり $dM/dH = 0$ とすれば、熱緩和による再生出力の経時変化を低減させることが可能となる。

【0036】また、上述の説明では記録ビット内の減磁界 Hd を単独に存在する1つの記録ビット内での大きさとして計算したが、図4に示すように同じ記録波長 λ （記録ビット長 $\lambda/2$ ）で連続した磁化パターンが形成されている場合には、隣接磁化が減磁界 Hd を弱めることになる。高記録密度において磁化を正弦波状の連続信号と近似したとき、トラック幅 T_w を無限長とすると、1つの記録ビット内での減磁界 Hd' の大きさは、次式で表される。

【0037】

【数14】

※には、トラック幅 T_w を無限長と仮定した式(12)は合わなくなる。その場合、記録されるサーボ信号を矩形波信号、つまり記録ビット長 $\lambda/2$ の二値信号（記録波長としては λ ）とすると、ビット中心での減磁界 Hd' は次式で表わされる。

【0040】

【数15】

パターンは最も熱緩和現象の影響を受けにくい。

【0043】さらに、トラック幅 T_w が記録波長 λ に近い場合には、記録層の磁化を垂直方向に飽和させた後、式(12)で表される磁界 H_1 を飽和磁化 M_s と同方向に加えたときの磁化 M_1 が飽和磁化 M_s と等しく、この状態での dM/dH が0であるとき、記録磁化パターンは最も熱緩和現象の影響を受けにくくなる。

【0044】なお、式(10)(11)(12)で表される磁界 H_1 を飽和磁化 M_s と同方向に加えたときの磁化 M_1 は、上述のように飽和磁化 M_s と完全に等しくする必要はなく、 M_s に対し $\pm 5\%$ の誤差範囲内であれ

11

ば、記録磁化パターンが熱緩和減少の影響を受ける度合いを実用上十分な程度まで低減することができる。

【0045】そして、垂直磁気記録媒体は垂直方向の磁化容易軸の配向を揃えやすく、図3(b)に示したように形状減磁界を補正した記録層材料本来の角形比Sおよび保磁力角形比S*は1に近い。このため、近似的には*

$$H_c > 8 \arctan \left(\frac{(\lambda/2) T_w}{t \sqrt{t^2 + (\lambda/2)^2 + T_w^2}} \right) M_s \quad (16)$$

あるいは、同一記録波長の連続信号に対して、

【0047】

$$H_c > 4 \pi \exp \left(- \frac{\pi t}{\lambda} \right) M_s \quad (17)$$

または

$$H_c > 4 M_s \sum_{k=-\infty}^{\infty} [\arctan \{X(4k-1)\} - 2 \arctan \{X(4k+1)\} + \arctan \{X(4k+3)\}]$$

$$\left(X(k) = \frac{k(\lambda/2) T_w}{t \sqrt{k^2 (\lambda/2)^2 + T_w^2 + t^2}} \right) \quad (18)$$

の関係を満たす記録磁化パターンとなるようにトラッキング用サーボ信号の記録ビット長 $\lambda/2$ ないし記録波長 λ を設定することにより、熱緩和現象による経時的なサーボ信号再生出力の変動を低減できる。

【0048】また、予め決まった磁気特性の垂直磁気記録媒体に対して $H_{dmax} < H_c$ の条件を満たすためには、記録ビット長 $\lambda/2$ を変えてビット内最大減磁界 H_{dmax} を低く抑えればよい。言い換えれば、任意の垂直磁気記録媒体の磁気特性に応じて、記録するサーボ信号の記録ビット長 $\lambda/2$ を式(7)に示したように規定するか、あるいは連続サーボ信号の記録波長 λ を式(8)に示したように規定すればよい。

【0049】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施形態について説明する。

(第1の実施形態) 図5に、本発明の一実施形態に係る磁気ディスク装置の概略構成を示す。磁気ディスク1は垂直磁気記録媒体であり、スピンドルモータ2によって回転駆動される。一方、ボイスコイルモータ3により駆動される回転アーム4の先端部に、複合型磁気ヘッド5が搭載されている。複合型磁気ヘッド5は、例えば垂直磁気記録用の単磁極型ヘッドあるいはリング型ヘッドを記録ヘッドとし、MRヘッド(磁気抵抗型ヘッド)を再生ヘッドとして一体化したヘッドであり、薄膜技術により形成される。MRヘッドには、GMRヘッドを用いてもよい。

【0050】磁気ディスク1上には、例えばセクタサーボ方式の場合、図6に示すようにトラッキングサーボ信

12

* $H_{dmax} < H_c$ であれば、ビット内で磁化飽和時の最大減磁界 H_{dmax} が加わっていても、磁化Mは飽和している。以上から、一つの記録ビットに対して、

【0046】

【数16】

10 ※ 【数17】

※

号が記録されている。すなわち、磁気ディスク1上のトラックは円周方向に複数のエリア(これをセクタという)に分割され、これらのうちの幾つかのセクタをサーボセクタ、それ以外のセクタをデータセクタとして、サーボセクタ上に図のようなサーボパターンがトラッキング用サーボ信号として予め記録されている。データセクタには、データ信号が記録される。

30 【0051】図7に、磁気ディスク1として用いられる垂直磁気記録媒体の一例の断面図を示す。同図に示されるように、この垂直磁気記録媒体はリジッドなディスク基板11の上に記録層12および保護膜13を順次積層した構造となっている。

【0052】図8に、このような垂直磁気記録媒体のM-Hループ(磁化曲線)の測定結果を示す。ここで、垂直磁気記録媒体の記録層12の膜厚 $t = 25$ [nm]、 $K_u \cdot v / kT = 80$ 、保磁力 $H_c = 2900$ [Oe]、飽和磁化 $M_s = 300$ [emu/cc]とし、試料振動型磁力計(VSM)を使用して10分間にわたって測定を行った。図中の点a, b, c, dについて、磁界印加48時間後の磁化の変化を白丸で示す。点a, bでは磁化の減衰が認められるが、飽和磁化領域にある点c, dではほとんど磁化の変化は認められなかった。

【0053】この垂直磁気記録媒体にオントラックで連続信号からなるトラッキング用サーボ信号を記録し、再生出力の経時変化を調べた。記録にはトラック幅 T_w が $1 \mu m$ のリング型ヘッド、再生にはMRヘッドをそれぞれ用い、再生出力の経時変化としては記録直後(2分後程度)の再生出力に対し、室温で放置して半年経過した

50

13

後の再生出力の変化について測定を行った。トラック幅 T_w が $1\mu\text{m}$ に満たない狭トラックの記録は、 $1\mu\text{m}$ トラック幅で信号を記録した後、ヘッド位置をオフトラックさせ、記録トラックの一部を消去することにより行った。

【0054】表1に、記録ビット長（記録密度）別にトラック幅 T_w 、保磁力 H_c と減磁界 H_d の大小関係および *

ビット長 (記録密度)	トラック幅 T_w	H_c vs H_{dmax}	再生出力経時変化
500nm (50 kFCI)	$1\mu\text{m}$	<	×
254nm (100 kFCI)	$1\mu\text{m}$	<	×
170nm (150 kFCI)	$1\mu\text{m}$	<	×
125nm (200 kFCI)	$1\mu\text{m}$	>	○
100nm (250 kFCI)	$1\mu\text{m}$	>	○
170nm (150 kFCI)	$0.75\mu\text{m}$	<	×
125nm (200 kFCI)	$0.75\mu\text{m}$	>	○
170nm (150 kFCI)	$0.5\mu\text{m}$	<	×

$$\text{ただし、ここで } H_{dmax} = 4\pi \exp\left(-\frac{\pi t}{\lambda}\right) M_s$$

【0056】この結果から明らかなように、保磁力 H_c とビット内最大減磁界 H_{dmax} が本発明に従う $H_d < H_c$ の関係を満たす場合には、再生出力経時変化が低減されている。

【0057】次に、比較例として長手磁気記録媒体を用 ※

*び再生出力経時変化を測定して結果を示す。ここで、再生出力経時変化については、半年経過する間に15%以上の減衰があったものを「×」とし、減衰が15%に満たないものを「○」としている（以下同様）。

【0055】

【表1】

※いて同様の測定を行った結果を表2に示す。ここで用いた媒体の保磁力は $H_c = 2200 [\text{Oe}]$ 、 $K_u \cdot v / kT = 65$ である。

20 【0058】

【表2】

ビット長 (記録密度)	トラック幅 T_w	再生出力経時変化
500nm (50 kFCI)	$1\mu\text{m}$	○
254nm (100 kFCI)	$1\mu\text{m}$	○
170nm (150 kFCI)	$1\mu\text{m}$	×
125nm (200 kFCI)	$1\mu\text{m}$	×
100nm (250 kFCI)	$1\mu\text{m}$	×

【0059】このように長手磁気記録では、垂直磁気記録とは逆に記録密度が高くなるほど再生出力の経時変化が見られる。長手磁気記録では記録ビットが小さいほど、媒体内部での減磁界を強く受けるためである。

【0060】（第2の実施形態）次に、垂直磁気記録媒体として第1の実施形態と磁気特性の異なる媒体を用い ★

★た例について説明する。垂直磁気記録媒体における記録層の記録ビット内の磁化飽和時の最大減磁界 H_{dmax} 、すなわち

30 【0061】

【数18】

$$8\arctan\left(\frac{(\lambda/2)T_w}{t\sqrt{t^2 + (\lambda/2)^2 + T_w^2}}\right) M_s$$

$$\text{または、} 4\pi \exp\left(-\frac{\pi t}{\lambda}\right) M_s \quad (19)$$

は $4\pi M_s$ を超えることはないので、常に

【0062】

☆【数19】

☆40

$$H_1 = 4\pi M_s - 8\arctan\left(\frac{(\lambda/2)T_w}{t\sqrt{t^2 + (\lambda/2)^2 + T_w^2}}\right) M_s > 0$$

$$H_1 = 4\pi M_s \left\{ 1 - \exp\left(-\frac{\pi t}{\lambda}\right) \right\} > 0 \quad (20)$$

である。

【0063】従って、記録層の膜面に垂直な方向の磁気特性を形状減磁界込みで測定したときの角形比が1であるような媒体では、サーボ信号の任意のトラック幅 T_w

50 および記録波長 λ に対して、無条件に、「記録層の磁化を垂直方向に飽和させた後、磁界 H_1 を飽和磁化と同方向に加えたときの磁化 M_1 が飽和磁化 M_s とが等しい」という関係を満たすことになる。

15

【0064】但し、実際には磁化の測定誤差なども含まれるため、磁気特性上、 M_1 、 M_s の二つの値が等しいと定義することは難しい。そこで、あるトラック幅 T_w と記録波長 λ で決まる磁界 H_1 を印加した時の磁化の値 M_1 と飽和磁化 M_s の差（測定誤差も含む） $(M_s - M_1) / M_s$ に対して、再生信号出力の半年後の経時変化を測定した結果を表3に示す。

【0065】

【表3】

$(M_s - M_1) / M_s$	再生出力の経時変化
1%	○
3%	○
5%	○
8%	×
10%	×
15%	×

膜厚 t [nm]	K_{uv}/kT	H_c [Oe]	M_s [emu/cc]	T_w [μm]	$\lambda/2$ [nm]	H_c vs H_{dmax}	出力変化
20	80	4000	350	2	120	>	○
20	72	3100	300	1	170	<	×
20	72	3100	300	1	100	>	○
25	68	2600	200	1	150	>	○
25	75	2900	310	1	80	>	○
25	75	2900	310	1	140	<	×
25	75	2600	310	0.5	100	<	×
35	82	3400	480	1	100	<	×
25	68	3500	260	1	150	>	○

【0068】この結果から明らかなように、どのような磁気特性においても保磁力 H_c とビット内での磁化飽和時の最大減磁界 H_{dmax} が本発明に従う $H_{dmax} < H_c$ の関係を満たす場合には、再生出力経時変化が低減されていることが分かる。

【0069】なお、図7に示した垂直磁気記録媒体では、基板11上に記録層12を直接形成したが、基板上にまず軟磁性層を形成し、その上に記録層を形成した二層媒体を用いた場合にも、同様に本発明を適用することができる。

【0070】

【発明の効果】以上述べたように、本発明によれば垂直磁気記録媒体上に記録されるトラッキング用サーボ信号について熱緩和の影響を低減し、長時間にわたり安定したサーボ信号再生出力を得ることが可能となる。

【0071】また、本発明では従来よりも高い記録密度でサーボ信号を形成することによる副次的な効果として、媒体上のサーボ信号領域の占める面積が小さくなり、磁気ディスクのデータ記録効率が向上するという利点もある。

【図面の簡単な説明】

【図1】記録ビット内に生じる減磁界についての説明図

16

*【0066】この結果より、 M_1 と M_s の差が5%以内では、再生出力の経時変化が少ないことが分かる。さらに、垂直磁気記録媒体の磁気特性別に見た再生出力経時変化の測定結果について表4に示す。この例では、膜厚 t 、 $K_{uv} \cdot v / kT$ 、保磁力 H_c 、飽和磁化 M_s 、トラック幅 T_w および記録ビット長 $\lambda/2$ を変えて、保磁力 H_c と減磁界 H_d の大小関係および再生出力経時変化を測定している。

【0067】

10 【表4】

【図2】磁気記録媒体のMHループの典型的な例を示す図

【図3】垂直磁気記録媒体の形状減磁界が加わった状態および減磁界補正を行った状態でのMHループを示す図

【図4】連続磁化パターン内に生じる減磁界についての説明図

30 【図5】本発明に係る磁気ディスク装置の概略構成図

【図6】セクタサーボ方式による磁気ディスク上のサーボパターンの例を示す図

【図7】垂直磁気記録媒体の構成を示す断面図

【図8】垂直磁気記録媒体のMHループとその経時変化の測定結果を示す図

【符号の説明】

1…磁気ディスク（垂直磁気記録媒体）

2…スピンドルモータ

3…ボイスコイルモータ

4…回転アーム

5…複合型磁気ヘッド

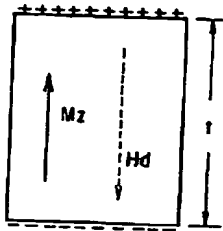
11…ディスク基板

12…記録層

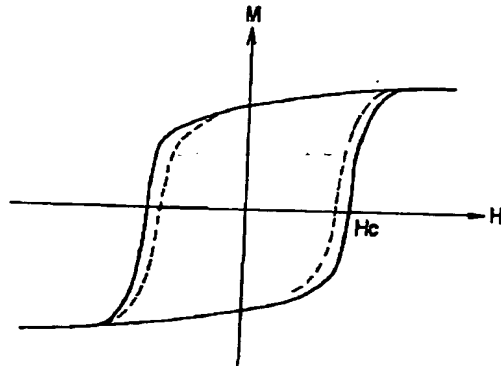
13…保護層

40

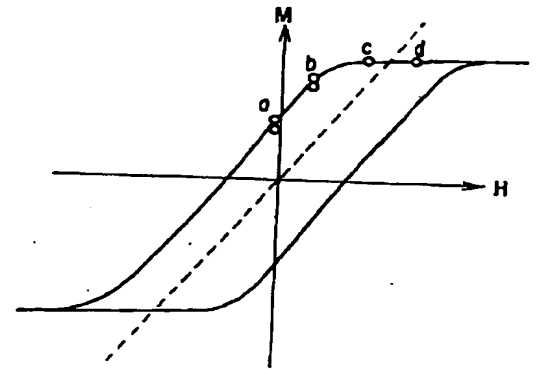
【図 1】



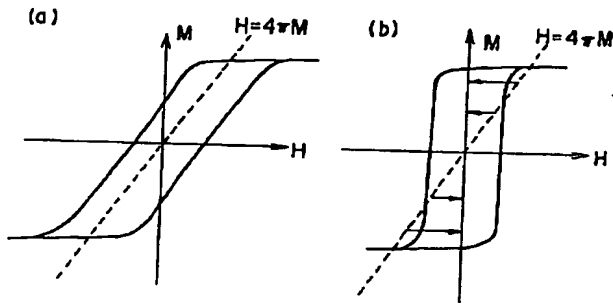
【図 2】



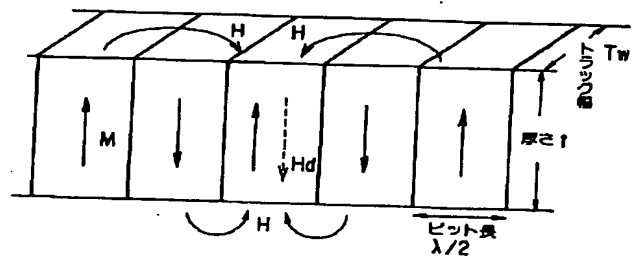
【図 8】



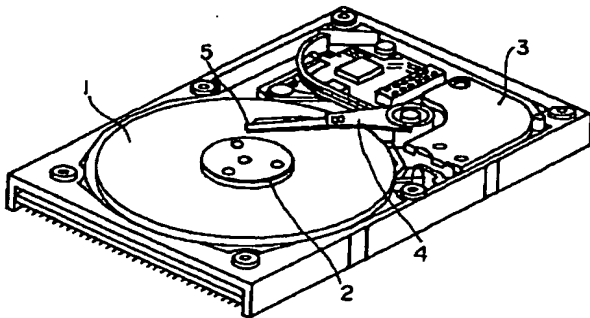
【図 3】



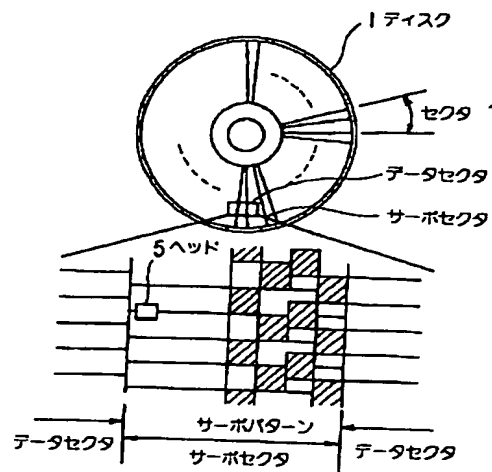
【図 4】



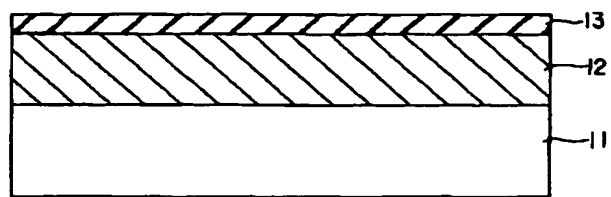
【図 5】



【図 6】



【図 7】



THIS PAGE BLANK (USPTO)

THIS PAGE BLANK (USPTO)